

DT09 Rec'd PCT/PTO 09 SEP 2004

10/507269

## Vorrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von Metallsträngen

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von Metallsträngen, insbesondere von Stahlband, in der der Metallstrang vertikal durch einen das geschmolzene Beschichtungsmetall aufnehmenden Behälter und durch einen vorgeschalteten Führungskanal hindurchführbar ist, wobei im Bereich des Führungskanals ein elektromagnetischer Induktor angeordnet ist, der zum Zurückhalten des Beschichtungsmetalls im Behälter mittels eines elektromagnetischen Sperrfeldes im Beschichtungsmetall Induktionsströme induzieren kann, die in Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Sperrfeld eine elektromagnetische Kraft ausüben.

Übliche Metall-Tauchbeschichtungsanlagen für Metallbänder weisen einen wartungsintensiven Teil auf, nämlich das Beschichtungsgefäß mit der darin befindlichen Ausrüstung. Die Oberflächen der zu beschichtenden Metallbänder müssen vor der Beschichtung von Oxidresten gereinigt und für die Verbindung mit dem Beschichtungsmetall aktiviert werden. Aus diesem Grunde werden die Bandoberflächen vor der Beschichtung in Wärmeprozessen in einer reduzierenden Atmosphäre behandelt. Da die Oxidschichten zuvor chemisch oder abrasiv entfernt werden, werden mit dem reduzierenden Wärmeprozess die Oberflächen so aktiviert, dass sie nach dem Wärmeprozess metallisch rein vorliegen.

Mit der Aktivierung der Bandoberfläche steigt aber die Affinität dieser Bandoberflächen für den umgebenden Luftsauerstoff. Um zu verhindern, dass Luftsauerstoff vor dem Beschichtungsprozess wieder an die Bandoberflächen gelangen kann, werden die Bänder in einem Tauchrüssel von oben in das Tauchbeschichtungsbad eingeführt. Da das Beschichtungsmetall in flüssiger

5 .. Form vorliegt und man die Gravitation zusammen mit Abblasvorrichtungen zur Einstellung der Beschichtungsdicke nutzen möchte, die nachfolgenden Prozesse jedoch eine Bandberührung bis zur vollständigen Erstarrung des Beschichtungsmetalls verbieten, muss das Band im Beschichtungsgefäß in senkrechte Richtung umgelenkt werden. Das geschieht mit einer Rolle, die im flüssigen  
10 Metall läuft. Durch das flüssige Beschichtungsmetall unterliegt diese Rolle einem starken Verschleiß und ist Ursache von Stillständen und damit Ausfällen im Produktionsbetrieb.

15 Durch die gewünschten geringen Auflagedicken des Beschichtungsmetalls, die sich im Mikrometerbereich bewegen können, werden hohe Anforderungen an die Qualität der Bandoberfläche gestellt. Das bedeutet, dass auch die Oberflächen der bandführenden Rollen von hoher Qualität sein müssen. Störungen an diesen Oberflächen führen im allgemeinen zu Schäden an der Bandoberfläche. Dies ist ein weiterer Grund für häufige Stillstände der Anlage.

20 Die bekannten Tauchbeschichtungsanlagen weisen zudem Grenzwerte in der Beschichtungsgeschwindigkeit auf. Es handelt sich dabei um die Grenzwerte beim Betrieb der Abstreifdüse, um die der Abkühlvorgänge des durchlaufenden Metallbandes und die des Wärmeprozesses zur Einstellung von Legierungsschichten im Beschichtungsmetall. Dadurch tritt der Fall auf, dass zum einen  
25 die Höchstgeschwindigkeit generell begrenzt ist und zum anderen bestimmte Metallbänder nicht mit der für die Anlage möglichen Höchstgeschwindigkeit gefahren werden können.

30 Bei den Tauschbeschichtungsvorgängen finden Legierungsvorgänge für die Verbindung des Beschichtungsmetalls mit der Bandoberfläche statt. Die Eigenschaften und Dicken der sich dabei ausbildenden Legierungsschichten sind stark von der Temperatur im Beschichtungsgefäß abhängig. Aus diesem Grunde muss bei manchen Beschichtungsvorgängen das Beschichtungsmetall zwar  
35 flüssig gehalten werden, aber die Temperatur darf bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten. Dies läuft dem gewünschten Effekt des Abstreifens des Be-

5 schichtungsmetalls zur Einstellung einer bestimmten Beschichtungsdicke entgegen, da mit fallender Temperatur die für den Abstreifvorgang erforderliche Viskosität des Beschichtungsmetalls ansteigt und damit den Abstreifvorgang erschwert.

10 Um die Probleme zu vermeiden, die im Zusammenhang mit den im flüssigen Beschichtungsmetall laufenden Rollen stehen, hat es Ansätze dazu gegeben, ein nach unten offenes Beschichtungsgefäß einzusetzen, das in seinem unteren Bereich einen Führungskanal zur vertikalen Banddurchführung nach oben aufweist und zur Abdichtung einen elektromagnetischen Verschluss einzusetzen. Es handelt sich hierbei um elektromagnetische Induktoren, die mit zurückdrängenden, pumpenden bzw. einschnürenden elektromagnetischen Wechsel-  
15 bzw. Wanderfeldern arbeiten, die das Beschichtungsgefäß nach unten abdichten.

20 Eine solche Lösung ist beispielsweise aus der EP 0 673 444 B1 bekannt. Einen elektromagnetischen Verschluss zur Abdichtung des Beschichtungsgefäßes nach unten setzt auch die Lösung gemäß der JP 5086446 ein.

Die Beschichtung von nicht ferromagnetischen Metallbändern wird damit zwar  
25 möglich, jedoch treten bei im wesentlichen ferromagnetischen Stahlbändern damit Probleme auf, dass diese in den elektromagnetischen Abdichtungen durch den Ferromagnetismus an die Kanalwände gezogen werden, wodurch die Bandoberfläche dadurch beschädigt wird. Weiterhin ist es problematisch, dass das Beschichtungsmetall durch die induktiven Felder unzulässig erwärmt  
30 wird.

Bei der Lage des durchlaufenden ferromagnetischen Stahlbandes durch den Führungskanal zwischen zwei Wanderfeldinduktoren handelt es sich um ein labiles Gleichgewicht. Nur in der Mitte des Führungskanals ist die Summe der  
35 auf das Band wirkenden magnetischen Anziehungskräfte Null. Sobald das Stahlband aus seiner Mittenlage ausgelenkt wird, gerät es näher an einen der

5 .. beiden Induktoren, während es sich vom anderen Induktor entfernt. Ursachen für eine solche Auslenkung können einfache Planlagefehler des Bandes sein. Zu nennen wären dabei jegliche Art von Bandwellen in Laufrichtung, gesehen über die Breite des Bandes (Centerbuckles, Quarterbuckles, Randwellen, Flat-  
10 tern, Verdrehen, Crossbow, S-Form etc.). Die magnetische Induktion, die für die magnetische Anziehungskraft verantwortlich ist, nimmt gemäß einer Exponentialfunktion mit dem Abstand vom Induktor in ihrer Feldstärke ab. In ähnlicher Weise nimmt daher die Anziehungskraft mit dem Quadrat der Induktionsfeldstärke mit wachsendem Abstand vom Induktor ab. Für das ausgelenkte Band bedeutet das, dass mit der Auslenkung in die eine Richtung die Anziehungskraft  
15 zum einen Induktor expotentiell ansteigt, während die rückholende Kraft vom anderen Induktor expotentiell abnimmt. Beide Effekte verstärken sich von selbst, so dass das Gleichgewicht labil ist.

20 Zur Lösung dieses Problems, also zur genauen Lageregelung des Metallstrangs im Führungskanal, geben die DE 195 35 854 A1 und die DE 100 14 867 A1 Hinweise. Gemäß den dort offenbarten Konzepten sind neben den Spulen zur Erzeugung des elektromagnetischen Wanderfeldes zusätzliche Korrekturspulen vorgesehen, die mit einem Regelungssystem in Verbindung stehen und dafür Sorge tragen, dass das Metallband beim Abweichen von der Mittellage in  
25 diese wieder zurückgeholt wird.

Es hat sich bei der Realisierung dieses Prinzips - also des Konzepts des Wanderfeld-Induktors mit Korrekturspulen - als nachteilig herausgestellt, dass die Induktoren zur Erzeugung des elektromagnetischen Wanderfeldes eine relativ  
30 große Bauhöhe haben müssen, was sich durch die benötigte Feldstärke, elektrischen Ströme und die dafür benötigten Blechkerne erklärt. Die Höhe des Induktors bewegt sich zumeist bei ca. 600 mm. Das hat negative Auswirkungen auf die Höhe der Tauchmetallsäule im Führungskanal.

35 Zur Vermeidung dieses Problems ist aus der WO 96/03533 A1 eine gattungsgemäße Vorrichtung bekannt, die zum Zurückhalten des Beschichtungs-

5 materials ein elektromagnetisches Sperrfeld einsetzt, bei der nur eine Induktionsspule zum Einsatz kommt. Die Bauhöhe des Induktors ist damit relativ gering.

10 Beim Durchlauf des Metallstrangs durch den Führungskanal tritt jedoch in nachteiliger Weise eine hohe ferromagnetische Anziehung des Stranges an die Wände des Führungskanals auf. Um dies zu verhindern, ist bei dieser bekannten Anlage vorgesehen, dass die Sperrfeld-Induktoren mit Wechselstrom betrieben werden, dessen Frequenz höher als 3 kHz liegt. Dadurch wird erreicht, dass die ferromagnetische Anziehung nur noch gering ist; allerdings kann sie  
15 nicht völlig vermieden werden. Weiterhin ist es nachteilig, dass beim Durchlauf des Metallstrangs durch den Führungskanal eine starke Erwärmung des Strangs auftritt.

20 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von Metallsträngen der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass die genannten Nachteile überwunden werden. Es soll somit insbesondere ein elektromagnetischer Induktor konzipiert werden, der eine geringe Bauhöhe aufweist und trotzdem keine starke Erwärmung des Metallstrangs bedingt.

25 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass der Induktor mit elektrischen Versorgungsmitteln in Verbindung steht, die diesen mit einem Wechselstrom versorgen, dessen Frequenz kleiner als 500 Hz ist; bevorzugt ist vorgesehen, dass die Frequenz kleiner als 100 Hz, insbesondere 50 Hz (Netzfrequenz), ist.  
30

Mit dieser Ausgestaltung ist es möglich, die Erwärmung des durchlaufenden Metallstranges erheblich zu reduzieren, verglichen mit der vorbekannten Lösung. Ferner fällt die mittige Führung des Metallstrangs im Führungskanal  
35 leichter, da die ferromagnetische Anziehung des Metallstranges an die Wände des Führungskanals wesentlich geringer ist als bei der vorbekannten Lösung.

- 5 , Durch das gewählte Baukonzept ergibt sich daher die angestrebte geringe Bauhöhe des Induktors.

Gemäß einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass die Versorgungsmittel den Induktor mit einphasigem Wechselstrom versorgen.

10

Mit Vorteil weist der Induktor je eine Induktionsspule beidseits des Führungskanals auf.

15

Als besonders vorteilhaft hat es sich herausgestellt, wenn die Vorrichtung weiterhin mit Führungsmitteln zur Führung des Metallstrangs im Führungskanal ausgestattet wird. Hierfür sind verschiedene Möglichkeiten denkbar.

20

Nach einer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Führungsmittel mindestens ein Paar Führungsrollen sind. Diese werden bevorzugt im unteren Bereich des Führungskanals oder unter dem Führungskanal angeordnet.

25

Gemäß einer alternativen (ggf. auch additiven) Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Führungsmittel mindestens zwei Korrekturspulen zur Lageregelung des Metallstrangs im Führungskanal in Richtung normal zur Oberfläche des Metallstrangs umfassen. Dabei können die Korrekturspulen, in Bewegungsrichtung des Metallstrangs betrachtet, in derselben Höhe wie die Induktionsspulen angeordnet werden. Eine gute Wirksamkeit des Induktors ergibt sich, wenn der elektromagnetische Induktor für die Aufnahme der Induktionsspule und der Korrekturspule zwei Nuten aufweist, die parallel zueinander, senkrecht zur Bewegungsrichtung des Metallstrangs und senkrecht zur normalen Richtung verlaufen. Die Regelung des Metallstrangs im Führungskanal erleichtert sich, wenn die in den Nuten angeordnete Korrekturspule näher am Metallstrang angeordnet ist als die Induktionsspule. Die Regelung kann genauer erfolgen, wenn der Induktor beidseits des Metallstrangs je mindestens zwei in einer Reihe nebeneinander angeordnete Korrekturspulen aufweist.

35

- 5 Ferner können Mittel zum Versorgen der Korrekturspulen mit einem Wechselstrom vorgesehen werden, der dieselbe Phase aufweist wie derjenige Strom, mit dem die Induktionsspulen betrieben werden.

10 Wird die Lageregelung des Metallstrangs im Führungskanal mittels der genannten Korrekturspulen ins Auge gefasst, kann die Lage des durchlaufenden Stahlbandes durch Induktionsfeldsensoren erfasst werden, die mit einem schwachen Messfeld hoher Frequenz betrieben werden. Dazu wird eine höherfrequente Spannung mit geringer Leistung den Induktionsspulen überlagert. Die höherfrequente Spannung hat keinen Einfluss auf die Abdichtung; in gleicher  
15 Weise kommt es hierdurch zu keiner Aufheizung des Beschichtungsmetalls bzw. Stahlbands. Die höherfrequente Induktion lässt sich aus dem kräftigen Signal der normalen Abdichtung herausfiltern und liefert dann ein dem Abstand vom Sensor proportionales Signal. Mit diesem kann die Lage des Bandes im Führungskanal erfasst und geregelt werden.

20

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt.

Es zeigen:

25

Figur 1 schematisch ein Schmelztauch-Beschichtungsgefäß mit einem durch dieses hindurch geführten Metallstrang;

Figur 2 schematisch den Schnitt durch den Führungskanal und die Induktoren mit darunter angeordneten Führungsrollen;

30

Figur 3 eine zu Fig. 2 entsprechende Darstellung mit Führungsmittel in Form von Korrekturspulen; und

Figur 4 die Ansicht eines Induktors gemäß Fig. 3, von der Seite betrachtet.

35

In Figur 1 ist das Prinzip der Schmelztauch-Beschichtung eines Metallstrangs 1, insbesondere eines Stahlbands, gezeigt. Der zu beschichtende Metallstrang 1

5 tritt vertikal von unten in den Führungskanal 4 der Beschichtungsanlage ein. Der Führungskanal 4 bildet das untere Ende eines Behälters 3, das mit flüssigem Beschichtungsmetall 2 gefüllt ist. Der Metallstrang 1 wird in Bewegungsrichtung X vertikal nach oben geführt. Damit das flüssige Beschichtungsmetall 2 nicht aus dem Behälter 3 auslaufen kann, ist im Bereich des Führungskanals 4  
10 ein elektromagnetischer Induktor 5 angeordnet. Dieser besteht aus zwei Hälften 5a und 5b, von denen jeweils eine seitlich des Metallstrangs 1 angeordnet ist. Im elektromagnetischen Induktor 5 wird ein elektromagnetisches Sperrfeld erzeugt, das das flüssige Beschichtungsmetall 2 im Behälter 3 zurückhält und so am Auslaufen hindert.

15

Der Induktor 5 wird von einem elektrischen Versorgungsmittel 6 mit einphasigem Wechselstrom versorgt. Die Frequenz  $f$  des Wechselstroms liegt unter 500 Hz. Bevorzugt kommt Netzfrequenz, also 50 bzw. 60 Hz, zum Einsatz.

20

Der detailliertere Aufbau des Bereichs des Führungskanals 4 ist in Fig. 2 zu sehen. Der Induktor 5 (bzw. seine beiden Hälften 5a und 5b) weist Nuten 9 auf, in die eine Induktionsspule 7 eingesetzt ist, die mit dem Wechselstrom versorgt wird und damit das elektromagnetische Sperrfeld erzeugt. Sorge ist insbesondere dafür zu tragen, dass der Metallstrang 1 in Richtung N normal auf den  
25 Strang 1 möglichst mittig im Führungskanal 4 geführt wird.

30

Da der Induktor 5 bzw. die Induktionsspule 7 im Betrieb eine gewisse ferromagnetische Anziehung zwischen Strang 1 und Wand des Führungskanals 4 bewirkt, sind Führungsmittel 8 vorgesehen, die in Fig. 2 als Führungsrollen 8a  
30 ausgebildet sind. Diese sind unter dem Führungskanal 4 angeordnet und stellen sicher, dass ein mittiges Einführen des Metallstrangs 1 in den Führungskanal 4 erfolgt.

35

Wie es in Fig. 3 gesehen werden kann, ist es auch möglich, die Führungsmittel 8 in anderer Weise auszubilden. Hiernach sind elektrische Korrekturspulen 8b vorgesehen, die ein geregeltes Magnetfeld erzeugen und so den Metallstrang 1



5 im Führungskanal 4 mittig halten. Wie gesehen werden kann, sind sowohl die Induktionsspulen 7 als auch die Korrekturspulen 8b in den Nuten 9 des Induktors 5a, 5b positioniert, und zwar auf der selben Höhe - in Bewegungsrichtung X betrachtet.

10 In Fig. 4 ist die seitliche Ansicht auf eine der beiden Induktorhälften 5b skizziert. Hier kann nochmals gesehen werden, dass sowohl die Induktionsspule 7 als auch die Korrekturspule 8b in den Nuten 9 des Induktors 5b untergebracht sind. Ferner geht hieraus hervor, dass vorliegend drei nebeneinander angeordnete Korrekturspulen 8b', 8b'' und 8b''' vorgesehen sind, die über die Breite des Metallstanges 1 auf diesen einwirken und ihn so mittig im Führungskanal 4 halten können.

20 Die Korrekturspulen 8b', 8b'' und 8b''' werden mit der gleichen Strom-Phase angesteuert, die in der Induktionsspule 7 vorliegt, vor der die Korrekturspulen 8b', 8b'', 8b''' angeordnet sind.

Es sei noch erwähnt, dass auch eine Kombination von Führungsrollen 8a (s. Fig. 2) und Korrekturspulen 8b (s. Fig. 3) vorgesehen werden kann.

5

Bezugszeichenliste:

- 10 1 Metallstrang (Stahlband)  
2 Beschichtungsmetall  
3 Behälter  
4 Führungskanal  
5, 5a, 5b elektromagnetischer Induktor  
15 6 elektrische Versorgungsmittel  
7 Induktionsspule  
8 Führungsmittel  
8a Führungsrolle  
8b,  
20 8b', 8b'', 8b''' Korrekturspule  
9 Nut  
  
f Frequenz  
X Bewegungsrichtung  
25 N normale Richtung

5 .  
Patentansprüche:

- 10 1. Vorrichtung zur Schmelztauchbeschichtung von Metallsträngen (1), insbesondere von Stahlband, in der der Metallstrang (1) vertikal durch einen das geschmolzene Beschichtungsmetall (2) aufnehmenden Behälter (3) und durch einen vorgeschalteten Führungskanal (4) hindurchführbar ist, wobei im Bereich des Führungskanals (4) ein elektromagnetischer Induktor (5) angeordnet ist, der zum Zurückhalten des Beschichtungsmetalls (2) im Behälter (3) mittels eines elektromagnetischen Sperrfeldes im Be-
- 15 schichtungsmetall (2) Induktionsströme induzieren kann, die in Wechselwirkung mit dem elektromagnetischen Sperrfeld eine elektromagnetische Kraft ausüben,  
**dadurch gekennzeichnet,**
- 20 daß der Induktor (5, 5a, 5b) mit elektrischen Versorgungsmitteln (6) in Verbindung steht, die diesen mit einem Wechselstrom versorgen, dessen Frequenz (f) kleiner als 500 Hz ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**
- 25 daß die Frequenz (f) kleiner als 100 Hz, insbesondere 50 Hz, ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**
- 30 daß die Versorgungsmittel (6) den Induktor (5) mit einphasigem Wechselstrom versorgen.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**
- 35 daß der Induktor (5) je eine Induktionsspule (7) beidseits des Führungskanals (4) aufweist.

- 5 . "
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass sie Führungsmittel (8) zur Führung des Metallstrangs (1) im Führungskanal (4) aufweist.
- 10
6. Vorrichtung nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Führungsmittel (8) mindestens ein Paar Führungsrollen (8a) umfassen, die im unteren Bereich des Führungskanals (4) oder unter dem  
15 Führungskanal (4) angeordnet sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Führungsmittel (8) aus mindestens zwei Korrekturspulen (8b) zur  
20 Lageregelung des Metallstrangs (1) im Führungskanal (4) in Richtung (N) normal zur Oberfläche des Metallstrangs (1) bestehen.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
25 dass die Korrekturspulen (8b), in Bewegungsrichtung (X) des Metallstrangs (1) betrachtet, in derselben Höhe wie die Induktionsspulen (7) angeordnet sind.
9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
30 dass der elektromagnetische Induktor (5, 5a, 5b) für die Aufnahme der Induktionsspule (7) und der Korrekturspule (8b) zwei Nuten (9) aufweist, die parallel zueinander sowie senkrecht zur Bewegungsrichtung (X) des Metallstrangs (1) und senkrecht zur normalen Richtung (N) verlaufen.
- 35

5 10. Vorrichtung nach Anspruch 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die in den Nuten (9) angeordnete Korrekterspule (8b) näher am Metallstrang (1) angeordnet ist als die Induktionsspule (7).

10 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass der Induktor (5, 5a, 5b) beidseits des Metallstrangs (1) je mindestens zwei in einer Reihe nebeneinander angeordnete Korrekturspulen (8b', 8b'', 8b''') aufweist.

Translated Text of WO 03/076,680 A1 (PCT/EP03/01701)  
with Amended Pages and Claims Incorporated Therein

DEVICE FOR THE HOT DIP COATING OF METAL STRANDS

The invention concerns a device for the hot dip coating of metal strands, especially steel strip, in which the metal strand can be guided vertically through a tank that contains the molten coating metal and through an upstream guide channel, wherein an electromagnetic inductor is installed in the area of the guide channel, which, for the purpose of retaining the coating metal in the tank by means of an electromagnetic blocking field, can induce induction currents in the coating metal, which, in interaction with the electromagnetic blocking field, exert an electromagnetic force.

Conventional metal hot dip coating installations for metal strip have a high-maintenance section, namely, the coating tank and the fittings it contains. Before being coated, the surfaces of the metal strip must be cleaned of oxide residues and activated for bonding with the coating metal. For this reason, the strip surfaces are subjected to heat treatments in a reducing atmosphere before the coating operation is carried out.

Since the oxide coatings are first removed by chemical or abrasive methods, the reducing heat treatment process activates the surfaces, so that after the heat treatment, they are present in a pure metallic state.

However, this activation of the strip surfaces increases their affinity for the surrounding atmospheric oxygen. To prevent the surface of the strip from being reexposed to atmospheric oxygen before the coating process, the strip is introduced into the hot dip coating bath from above in an immersion snout. Since the coating metal is present in the molten state, and since one would like to utilize gravity together with blowing devices to adjust the coating thickness, but the subsequent processes prohibit strip contact until the coating metal has completely solidified, the strip must be deflected in the vertical direction in the coating tank. This is accomplished with a roller that runs in the molten metal. This roller is subject to strong wear by the molten coating metal and is the cause of shutdowns and thus loss of production.

The desired low coating thicknesses of the coating metal, which vary in the micrometer range, place high demands on the quality of the strip surface. This means that the surfaces of

the strip-guiding rollers must also be of high quality.

Problems with these surfaces generally lead to defects in the surface of the strip. This is a further cause of frequent plant shutdowns.

In addition, previous hot dip coating systems have limiting values in their coating rates. These limiting values are related to the operation of the stripping jets, to the cooling processes of the metal strip passing through the system, and to the heat process for adjusting alloy coatings in the coating metal. As a result, the maximum rate is generally limited, and certain types of metal strip cannot be conveyed at the plant's maximum possible rate.

During the hot dip coating process, alloying operations for the bonding of the coating metal to the surface of the strip are carried out. The properties and thicknesses of the alloy coatings that form are strongly dependent on the temperature in the coating tank. For this reason, in many coating operations, although, of course, the coating metal must be maintained in a liquid state, the temperatures may not exceed certain limits. This conflicts with the desired effect of stripping the coating metal to adjust a certain coating thickness, since the viscosity



of the coating metal necessary for the stripping operation increases with decreasing temperature and thus complicates the stripping operation.

To avoid the problems associated with rollers running in the molten coating metal, approaches have been proposed, in which a coating tank is used that is open at the bottom and has a guide channel in its lower section for guiding the strip vertically upward, and in which an electromagnetic seal is used to seal the open bottom of the tank. The production of the electromagnetic seal involves the use of electromagnetic inductors, which operate with electromagnetic alternating or traveling fields that seal the coating tank at the bottom by means of a repelling, pumping, or constricting effect.

A solution of this type is described, for example, in EP 0 673 444 B1. The solution described in JP 50[1975]-86,446 also provides for an electromagnetic seal for sealing the coating tank at the bottom.

Although this allows the coating of nonferromagnetic metal strip, problems arise in the coating of steel strip that is essentially ferromagnetic, because the strip is drawn to the walls of the channel by the ferromagnetism in the

electromagnetic seals, and this damages the surface of the strip. Another problem that arises is that the coating metal is unacceptably heated by the inductive fields.

An unstable equilibrium exists with respect to the position of the ferromagnetic steel strip passing through the guide channel between two traveling-field inductors. The sum of the forces of magnetic attraction acting on the strip is zero only in the center of the guide channel. As soon as the steel strip is deflected from its center position, it draws closer to one of the two inductors and moves farther away from the other inductor. The reasons for this type of deflection may be simple flatness defects of the strip. Defects of this type could include any type of strip waviness in the direction of strip flow, viewed over the width of the strip (center buckles, quarter buckles, edge waviness, flutter, twist, crossbow, S-shape, etc.). The magnetic induction, which is responsible for the magnetic attraction, decreases in field strength with increasing distance from the inductor according to an exponential function. Therefore, the force of attraction similarly decreases with the square of the induction field strength with increasing distance from the inductor. This means

that, when the strip is deflected in one direction, the force of attraction to one inductor increases exponentially, while the restoring force by the other inductor decreases exponentially. Both effects intensify by themselves, so that the equilibrium is unstable.

DE 195 35 854 A1 and DE 100 14 867 A1 offer approaches to the solution of this problem, i.e., the problem of more precise position control of the metal strand in the guide channel. According to the concepts disclosed there, the coils for inducing the electromagnetic traveling field are supplemented by correction coils, which are connected to an automatic control system and see to it that when the metal strip deviates from its center position, it is brought back into this position.

In the realization of this principle, i.e., the concept of the traveling field inductor with correction coils, it was found to be a disadvantage that the inductors for inducing the electromagnetic traveling field must have a relatively large overall height due to the required field strength and electric currents and the laminated cores needed for this. The height of the inductor is usually on the order of 600 mm. This has negative effects on the height of the column of liquid metal in

the guide channel.

To avoid this problem, WO 96/03533 A1 describes a device of this general type, which uses an electromagnetic blocking field to hold back the coating material and in which only one induction coil is used. The overall height of the inductor is thus relatively small.

However, as the metal strand passes through the guide channel, a disadvantage that arises is that the strand experiences a strong ferromagnetic attraction to the walls of the guide channel. To prevent this, the blocking field inductors in this well-known installation are operated with alternating current with a frequency higher than 3 kHz. This reduces the ferromagnetic attraction to a very low level, but it cannot be completely avoided. Another disadvantage is that strong heating of the metal strand occurs as it passes through the guide channel.

Therefore, the objective of the invention is to further develop a device for the hot dip coating of metal strands of the type specified at the beginning in such a way that the specified disadvantages are overcome. In particular, the objective is thus to design an electromagnetic inductor that has a small

overall height and yet does not cause strong heating of the metal strand.

In accordance with the invention, this objective is achieved by connecting the inductor to electric supply means that supplies the inductor with alternating current with a frequency that is less than 500 Hz, such that the supply means supplies the inductor with single-phase alternating current, and such that the device has means for guiding the metal strand in the guide channel, which consist of at least two correction coils for controlling the position of the metal strand in the guide channel in the direction normal to the surface of the metal strand; the frequency that is used is preferably less than 100 Hz, and is preferably 50 Hz (standard power frequency).

This refinement makes it possible to achieve significant reduction of the heating of the metal strand as it passes through the guide channel, compared to the previously known solution. In addition, it is easier to guide the metal strand in the center of the guide channel, since the ferromagnetic attraction of the metal strand to the walls of the guide channel is significantly lower than in the previously known solution. Therefore, the selected design makes it possible to achieve the

desired low overall height of the inductor.

It is advantageous for the inductor to have an induction coil on either side of the guide channel.

Furthermore, the means for guiding the metal strand in the guide channel can be at least one pair of guide rollers, which are preferably installed in the lower region of the guide channel or below the guide channel.

The correction coils can be arranged at the same height as the induction coils, as viewed in the direction of movement of the metal strand. Good effectiveness of the inductor is obtained if the electromagnetic inductor has two grooves, which run parallel to each other, perpendicularly to the direction of movement of the metal strand and perpendicularly to the normal direction, for holding the induction coil and the correction coil. Control of the metal strand in the guide channel is facilitated if the correction coil mounted in the grooves is mounted closer to the metal strand than is the induction coil. More exact control can be achieved if the inductor has at least two correction coils arranged side by side in a row on either side of the metal strand.

Furthermore, means can be provided for supplying the

correction coils with an alternating current that has the same phase as the current with which the induction coils are operated.

If position control of the metal strand in the guide channel by means of the aforesaid correction coils is envisaged, the position of the running steel strip can be detected by induction field sensors, which are operated with a weak measuring field of high frequency. For this purpose, a voltage of higher frequency with low power is superposed on the induction coils. The higher-frequency voltage has no effect on the seal; similarly, this does not produce any heating of the coating metal or steel strip. The higher-frequency induction can be filtered out from the powerful signal of the normal seal and then yields a signal proportional to the distance from the sensor. The position of the strip in the guide channel can be detected and controlled with this signal.

Embodiments of the invention are illustrated in the drawings.

-- Figure 1 shows a schematic representation of a hot dip coating tank with a metal strand being guided through it.

-- Figure 2 shows a section through the guide channel and

the inductors with guide rollers installed below them.

-- Figure 3 shows a drawing that corresponds to Figure 2 with means for guiding the metal strand in the form of correction coils.

-- Figure 4 shows a lateral view of an inductor in accordance with Figure 3.

Figure 1 shows the principle of the hot dip coating of a metal strand 1, especially a steel strip. The metal strand 1 that is to be coated enters the guide channel 4 of the coating system vertically from below. The guide channel 4 forms the lower end of a tank 3, which is filled with molten coating metal 2. The metal strand 1 is guided vertically upward in direction of movement "X". To prevent the molten coating metal 2 from being able to run out of the tank 3, an electromagnetic inductor 5 is installed in the area of the guide channel 4. It consists of two halves 5a and 5b, which are installed on either side of the metal strand 1. In the electromagnetic inductor 5, an electromagnetic blocking field is induced, which holds the molten coating metal 2 in the tank 3 and thus prevents it from running out.

The inductor 5 is supplied with single-phase alternating



current by an electric supply means 6. The frequency "f" of the alternating current is below 500 Hz, and the use of standard power frequency, i.e., 50 or 60 Hz, is preferred.

Figure 2 shows design details of the region of the guide channel 4. The inductor 5 (or its two halves 5a and 5b) has grooves 9, in which an induction coil 7 is placed, which is supplied with the alternating current and thus induces the electromagnetic blocking field. Care must be taken to ensure especially that the metal strand 1 is guided as centrally as possible in the guide channel 4 in the direction "N" normal to the strand 1.

Since the inductor 5 or the induction coil 7 causes a certain amount of ferromagnetic attraction between the strand 1 and the wall of the guide channel 4 during operation, means 8 for guiding the strand are provided, which in Figure 2 are designed as guide rollers 8a. They are installed below the guide channel 4 and ensure that the metal strand 1 is centrally guided into the guide channel 4.

As can be seen in Figure 3, other designs of the means 8 for guiding the strand are also possible. In this case, electric correction coils 8b are provided, which induce a

controlled magnetic field and in this way maintain the metal strand 1 in a central position in the guide channel 4. As the drawing shows, both the induction coils 7 and the correction coils 8b are positioned in the grooves 9 of the inductor 5a, 5b and at the same height in the direction of movement "X".

Figure 4 shows a lateral view of one of the inductor halves 5b. Here again it can be seen that both the induction coil 7 and the correction coil 8b are mounted in the grooves 9 of the inductor 5b. The drawing also shows that three correction coils 8b', 8b'', and 8b''', which are mounted side by side, are provided in the present case. They act on the metal strand 1 over its whole width and in this way are able to keep it in the middle of the guide channel 4.

The correction coils 8b', 8b'', and 8b''' are operated with the same current phase that is present in the induction coil 7, in front of which the correction coils 8b', 8b'', and 8b''' are mounted.

It should also be mentioned that a combination of guide rollers 8a (see Figure 2) and correction coils 8b (see Figure 3) can also be used.

List of Reference Numbers

1	metal strand (steel strip)
2	coating metal
3	tank
4	guide channel
5, 5a, 5b	electromagnetic inductor
6	electric supply means
7	induction coil
8	means for guiding the metal strand
8a	guide roller
8b, 8b', 8b'', and 8b'''	correction coil
9	groove
f	frequency
X	direction of movement
N	normal direction

## CLAIMS

1. Device for the hot dip coating of metal strands (1), especially steel strip, in which the metal strand (1) can be guided vertically through a tank (3) that contains the molten coating metal (2) and through an upstream guide channel (4), wherein, in the area of the guide channel (4), an electromagnetic inductor (5) is installed, which can induce induction currents in the coating metal (2) for holding back the coating metal (2) in the tank (3) by means of an electromagnetic blocking field, which induction currents interact with the electromagnetic blocking field to exert an electromagnetic force, characterized by the fact that the inductor (5, 5a, 5b) is connected to electric supply means (6) that supplies the inductor with alternating current with a frequency (f) that is less than 500 Hz, such that the supply means (6) supplies the inductor (5) with single-phase alternating current, and such that the device has means (8) for guiding the metal strand (1) in the guide channel (4), which consist of at least two correction coils (8b) for controlling the position of the metal strand (1) in the guide channel (4) in the direction (N) normal

to the surface of the metal strand (1).

2. Device in accordance with Claim 1, characterized by the fact that the frequency (f) is less than 100 Hz, and preferably is 50 Hz.

3. Device in accordance with Claim 1 or Claim 2, characterized by the fact that the inductor (5) has an induction coil (7) on either side of the guide channel (4).

4. Device in accordance with any of Claims 1 to 3, characterized by the fact that the means (8) for guiding the metal strand (1) comprise at least one pair of guide rollers (8a), which are installed in the lower region of the guide channel (4) or below the guide channel (4).

5. Device in accordance with any of Claims 1 to 3, characterized by the fact that the correction coils (8b) are arranged at the same height as the induction coils (7), as viewed in the direction of movement (X) of the metal strand (1).

6. Device in accordance with any of Claims 1 to 5, characterized by the fact that the electromagnetic inductor (5, 5a, 5b) has two grooves (9), which run parallel to each other, perpendicularly to the direction of movement (X) of the metal strand (1) and perpendicularly to the normal direction (N), for

holding the induction coil (7) and the correction coil (8b).

7. Device in accordance with Claim 6, characterized by the fact that the correction coil (8b) mounted in the grooves (9) is mounted closer to the metal strand (1) than is the induction coil (7).

8. Device in accordance with any of Claims 1 to 7, characterized by the fact that the inductor (5, 5a, 5b) has at least two correction coils (8b', 8b'', 8b''') arranged side by side in a row on either side of the metal strand (1).